



OPTICAL VARIABLE ATTENUATOR

Patent Number: JP10020348
Publication date: 1998-01-23
Inventor(s): KOGA MASABUMI; SAKAIDA NORIO; SATO KENICHI
Applicant(s): NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>
Requested Patent: ☐ JP10020348
Application Number: JP19960170184 19960628
Priority Number(s):
IPC Classification: G02F1/313; G02F1/01
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an optical variable attenuator which is small in size, is strong to mechanical vibration and temp. change and is electrically controllable by using Y-branched waveguides where the waveguide refractive index is changed by a thermo-optical effect, changing the refractive index of the one waveguide thereof and varying the light intensity to be coupled to the output waveguide.

SOLUTION: Heater resistors 2-1, 2-2 are deposited by evaporation in the branching parts of the Y-branched waveguides formed of a polymer material. The light inputted from the optical waveguide 1-0 is outputted to the optical waveguides 1-1, 1-2. The light intensity outputted to the respective optical waveguides changes according to the impressed state of the heat in the branching parts. Namely, when the current to be passed to the heater resistor 2-2 is successively increased, the refractive index in the branching parts to the optical waveguide 1-2 increases and the symmetricalness of the branching parts collapse, thereby increasing the coupling rate to the optical waveguide 1-1. The optical waveguide 1-1 is used as the output waveguide and the optical waveguide 1-2 is used as a dummy waveguide not used as the optical variable attenuator.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-20348

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月23日

(51) Int. Cl. ⁶

G02F 1/313

1/01

識別記号

庁内整理番号

F I

G02F 1/313

1/01

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平8-170184

(22) 出願日 平成 8 年(1996) 6 月 28 日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番 2 号

(72) 発明者 古賀 正文

東京都新宿区西新宿三丁目19番 2 号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 坂井田 規夫

東京都新宿区西新宿三丁目19番 2 号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 佐藤 健一

東京都新宿区西新宿三丁目19番 2 号 日本
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 古谷 史旺

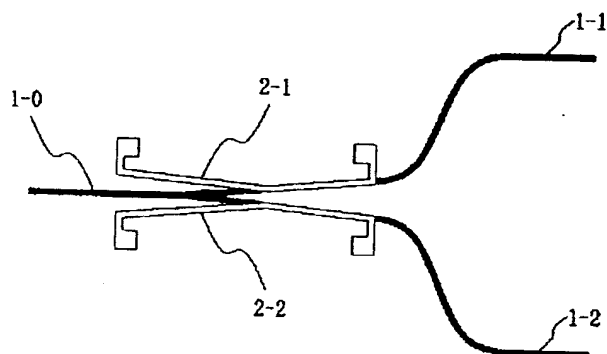
(54) 【発明の名称】 光可変減衰器

(57) 【要約】

【課題】 光通信装置内や測定装置内に組み込み可能なように小型で、機械振動や温度変化に強く、電気的制御が可能な光可変減衰器を実現する。

【解決手段】 ポリマー系材料で形成され、熱光学効果によって導波路屈折率が変化する Y 分岐導波路を用い、その一方の導波路の屈折率を変化させ、その一方または他方の出力導波路へ結合する光強度を可変させる。導波路の屈折率の変化は、Y 分岐導波路の分岐方向ごとに個別に配置されたヒータ抵抗に供給する電流値を制御することにより行う。

本発明の光可変減衰器の第 1 の実施形態



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ポリマー系材料で形成され、熱光学効果によって導波路屈折率が変化するY分岐導波路を用い、その一方の導波路の屈折率を変化させ、その一方または他方の出力導波路へ結合する光強度を可変させる構成であることを特徴とする光可変減衰器。

【請求項2】 ポリマー系材料で形成され、熱光学効果によって導波路屈折率が変化するY分岐導波路と、前記Y分岐導波路の分岐方向ごとに個別に配置されたヒータ抵抗と、前記各ヒータ抵抗ごとに個別に配置され、各ヒータ抵抗に供給する電流値を制御する電流供給回路とを備え、前記各ヒータ抵抗に供給される電流値に応じて、前記Y分岐導波路の一方の導波路の屈折率を変化させ、出力導波路へ結合する光強度を可変させる構成であることを特徴とする光可変減衰器。

【請求項3】 ポリマー系材料で形成され、熱光学効果によって導波路屈折率が変化するY分岐導波路と、前記Y分岐導波路の分岐方向ごとに個別に配置されたヒータ抵抗と、前記各ヒータ抵抗に供給する電流値を制御する1つの電流供給回路と、前記電流供給回路と前記Y分岐導波路の2つのヒータ抵抗の一方を選択して接続し、電流供給回路から供給された電流を一方のヒータ抵抗に流すスイッチ回路とを備え、前記各ヒータ抵抗に供給される電流値に応じて、前記Y分岐導波路の一方の導波路の屈折率を変化させ、出力導波路へ結合する光強度を可変させる構成であることを特徴とする光可変減衰器。

【請求項4】 ポリマー系材料で形成され、熱光学効果によって導波路屈折率が変化する2つのY分岐導波路を用い、それぞれの分岐導波路を向かい合わせに接続して構成されるマッハツェンダ干渉計と、前記2つのY分岐導波路を接続する一方の導波路に配置されたヒータ抵抗と、前記ヒータ抵抗に供給する電流値を制御する電流供給回路とを備え、前記ヒータ抵抗に供給される電流値に応じて、前記一方の導波路の屈折率を変化させ、前記マッハツェンダ干渉計における光の結合位相を変化させて出力導波路へ結合する光強度を可変させる構成であることを特徴とする光可変減衰器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光信号処理システムや光伝送システムその他において、光強度の調整に用いられる光可変減衰器に関する。

【0002】

【従来の技術】 光可変減衰器は、光通信の分野で各種測

定装置や光受信回路への入力光強度を調整する手段として多く用いられてきた。そのため寸法は特に問題ではなく、市販品は手のひらサイズの大きさがあつた。その動作は、光ファイバから空間系へ放射させて平行ビーム化した光を単純にND (Neutral Density) フィルタに通過させるものであり、NDフィルタを機械的に回転させることにより光可変減衰器として動作させていた。

【0003】 光通信技術の進展により、光通信装置内や測定装置内に、電気的制御が可能で小型かつ安定な光可変減衰器が必要とされるようになってきた。ただし、機械的動作方式の減衰器は小型化や安定性の点で適さない。図7は、光導波路を用いた従来の光可変減衰器の構成例を示す(特開平6-186513号公報)。

【0004】 図において、電気光学効果を有する基板11上に、複数N個の湾曲部を有する光導波路12が形成され、各湾曲部の外側にその屈折率を小さくするように電界を印加する電極13-1~13-7が配置され、各電極に個別に電圧が印加されるように構成されている。湾曲部の外側に電界を印加すると、電気光学効果により屈折率が減少し、湾曲部の外側に放射する光のエネルギーが低減される。したがって、電極の印加電圧をオン/オフすることにより、放射による損失すなわち減衰量を切り替えることができる仕組みになっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、公報には、電気光学効果を有する基板11としてz-カット・リチウムニオベートを用いる例が示されているが、温度に対する安定性に欠ける。また、湾曲部を多数設け、ステップ状に損失を増加させる構成であるので、設定精度に限界があつた。さらに、減衰量範囲を広げるには湾曲部の数を多くする必要があるが、寸法が大きくなる欠点があつた。一方、湾曲部の数を少なくすると、減衰量範囲が小さくなる欠点があつた。

【0006】 本発明は、光通信装置内や測定装置内に組み込み可能なように小型で、機械振動や温度変化に強く、電気的制御が可能な光可変減衰器を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明の光可変減衰器は、ポリマー系材料で形成され、熱光学効果によって導波路屈折率が変化するY分岐導波路を用い、その一方の導波路の屈折率を変化させ、その一方または他方の出力導波路へ結合する光強度を可変させる構成である。導波路の屈折率の変化は、Y分岐導波路の分岐方向ごとに個別に配置されたヒータ抵抗に供給する電流値を制御することにより行う。

【0008】 また、本発明の光可変減衰器は、2つのY分岐導波路の分岐導波路を向かい合わせに接続してマッハツェンダ干渉計を構成する。その2つのY分岐導波路を接続する一方の導波路の屈折率を変化させ、マッハツ

10

20

30

40

エンダ干渉計における光の結合位相を変化させて出力導波路へ結合する光強度を可変させる構成である。

【0009】

【発明の実施の形態】

(第1の実施形態…請求項1、2) 図1は、本発明の光可変減衰器の第1の実施形態を示す。ここでは、ポリマー系を材料としたY分岐導波路による構成を示す。図において、光導波路1-0、1-1、1-2から構成されるY分岐導波路の分岐部に、ヒータ抵抗2-1、2-2を蒸着した構成である。光導波路1-0から入力された光は、光導波路1-1、1-2へ出力される。各光導波路に出力される光強度は、分岐部における熱の印加状態に応じて変化する。すなわち、一方の光導波路を温めると、屈折率が変化して非対称Y分岐導波路が形成され、他方の光導波路に光強度の多くを導波させることができる。ここで、光導波路1-1を出力導波路とし、光導波路1-2を光可変減衰器としての目的には使用しないダミー導波路とする。

【0010】ヒータ抵抗で発生する熱量は、ヒータ抵抗へ流す電流によって可変できる。図2は、ヒータ抵抗2-1、2-2へ流す電流値と光導波路1-1へ出力される光強度の関係を示す。実線は、ヒータ抵抗2-2へ流した電流値に対する光強度の変化を示す。破線は、ヒータ抵抗2-1へ流した電流値に対する光強度の変化を示す。

【0011】両方のヒータ抵抗へ電流を流さないときには、Y分岐導波路は対称Y分岐導波路として機能するので、光導波路1-1へ出力される光強度は、光導波路1-0へ入力される光強度の半分となる。ヒータ抵抗2-2へ流す電流を増加させていくと、光導波路1-2への分岐部の屈折率が大きくなって分岐部の対称性が崩れ、光導波路1-1への結合率が大きくなる。電流値に応じて徐々に光強度が増加していく様子が図2からもわかる。光導波路1-1への結合率が100%になると、それ以上電流値を増加させても出力光強度は変化せず、飽和する。一方、ヒータ抵抗2-2へ流す電流値をゼロとし、ヒータ抵抗2-1へ電流を流していくと、光導波路1-1への分岐部の屈折率が大きくなり、光導波路1-1へ結合される光強度は徐々に減少していく。

【0012】このように、ヒータ抵抗を備えたY分岐導波路を用い、ヒータ抵抗へ流す電流値を制御することにより、簡単に光可変減衰器を実現することができる。なお、本実施形態の光可変減衰器では、ヒータ抵抗2-1、2-2へ電流を流さない状態で、入力光強度に対する出力光強度の減衰量は50%となる。これを50%から0%に可変させるには、ヒータ抵抗2-2へ流す電流値を0から所定値(図2の例では約15mA以上)まで変化させる。一方、50%から100%に可変させるには、ヒータ抵抗2-1へ流す電流値を0から所定値(図2の例では約15mA以上)まで変化させる。すなわち、減衰量50%

を境にして、電流を流すヒータ抵抗を切り替える必要がある。以下に示す第2の実施形態の光可変減衰器はその必要がないものである。

【0013】ここで、ポリマー系を材料としたY分岐導波路は、熱光学係数が大きいのので小さな駆動電力で動作可能である。したがって、ヒータ抵抗への電流供給を制御する電流供給回路は、TTLロジック回路を使用することができる。図3は、電流供給回路の構成例を示す。本電流供給回路は、1個のオペアンプ、1個のトランジスタ、2個の抵抗により構成される定電流回路になっている。トランジスタのエミッタに接続された基準抵抗R_{ref}における電圧降下が、オペアンプの入力電圧(電流値制御信号)V_{ref}と一致するようにヒータ抵抗へ電流が流れる。オペアンプ入力電圧V_{ref}は、例えばD/A変換器によって与えることができる。

【0014】電流供給回路は、ヒータ抵抗2-1とヒータ抵抗2-2とにそれぞれ個別に用意してもよい。しかし、同時に両方のヒータ抵抗へ電流を流すことはないのので、図4に示すように、2つのヒータ抵抗2-1、2-2と電流供給回路(図3におけるトランジスタのコレクタ)3との間にアナログスイッチ4を挿入し、スイッチ制御信号によって切り替える構成としてもよい(請求項3)。

【0015】(第2の実施形態…請求項4) 図5は、本発明の光可変減衰器の第2の実施形態を示す。図において、2つのY分岐導波路5-1、5-2を向かい合わせに接続し、一方の光導波路にヒータ抵抗2を蒸着してマッハツェンダ干渉計を構成する。入出力間の伝達特性Iは、Y分岐導波路における分岐率を理想的に1対1とすると、

$$I = \cos^2(Kf) \quad \dots(1)$$

となる。ここで、 $K = \pi n \Delta L / c$ 、 n は光導波路の屈折率、 ΔL は2つの導波路アーム間の長さの差、 c は真空中における光速、 f は透過光周波数を示す。

【0016】式(1)に基づいて伝達特性を計算した結果を図6に示す。横軸は屈折率変化 Δn 、縦軸は相対透過率をデシベルで示す。ヒータ抵抗2に電流を流して屈折率 n を変化させることにより入出力特性を変化させることができ、30dB以上の減衰が可能である。一般的なマッハツェンダ干渉計は、干渉計としての動作原理から透過特性に波長依存性を有する。式(1)からも光周波数 f に依存していることがわかる。しかし、 K を小さくすることにより周波数周期間隔(フリースペクトルレンジ:FSR)を広くすることができるので、例えば10~20nmの波長範囲で透過率が一定と見なせるように構成可能である。200GHz間隔で8波多重化する波長多重伝送システムでは、透過率を一定とみなす必要がある波長範囲は $200\text{GHz} \times 7 = 1.4\text{THz} \approx 12\text{nm}$ であるので、20nm程度の波長範囲を確保できれば十分である。

【0017】

5

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光可変減衰器は、2つの光導波路間における相対的温度の違いによって減衰量が制御される構成であるので、環境温度が変化してもその特性が大きく変化することなく、安定に動作する。また、ポリマー系を材料としたY分岐導波路を用いているので電氣的制御が容易であり、コンパクトな光可変減衰器を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

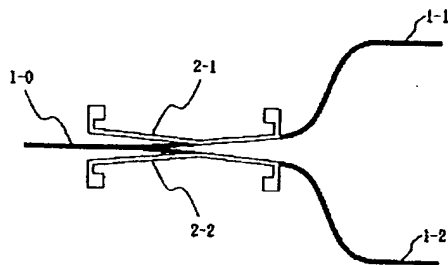
【図1】本発明の光可変減衰器の第1の実施形態を示す図。

【図2】ヒータ抵抗2-1、2-2へ流す電流値と光導波路1-1へ出力される光強度の関係を示す図。

【図3】電流供給回路の構成例を示す図。

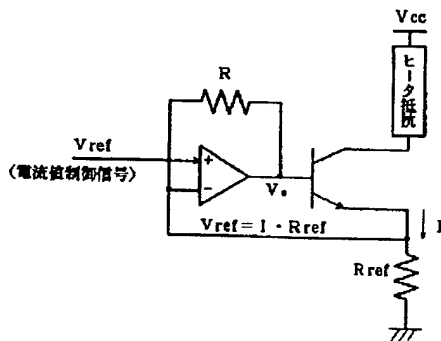
【図1】

本発明の光可変減衰器の第1の実施形態



【図3】

電流供給回路の構成例



10

【図4】電流供給回路とヒータ抵抗の接続例を示す図。
【図5】本発明の光可変減衰器の第2の実施形態を示す図。

【図6】式(1)に基づいて伝達特性を計算した結果を示す図。

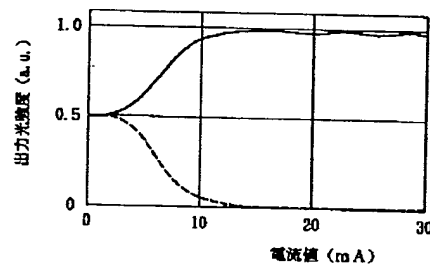
【図7】光導波路を用いた従来の光可変減衰器の構成例を示す図。

【符号の説明】

- 1 光導波路
- 2 ヒータ抵抗
- 3 電流供給回路
- 4 アナログスイッチ
- 5 Y分岐導波路

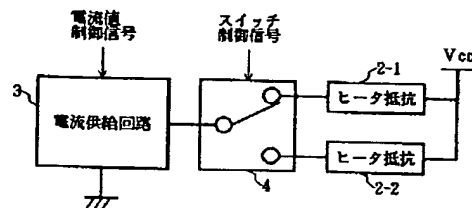
【図2】

ヒータ抵抗2-1, 2-2へ流す電流値と光導波路1-1へ出力される光強度の関係



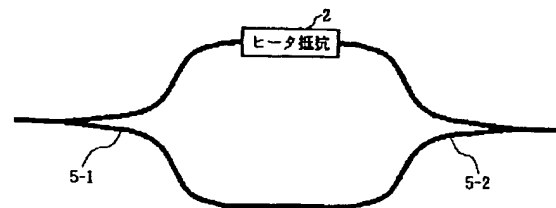
【図4】

電流供給回路とヒータ抵抗の接続例



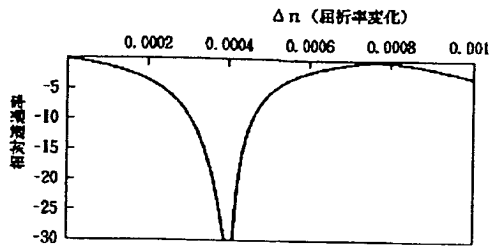
【図5】

本発明の光可変減衰器の第2の実施形態



【図 6】

式(1)に基づいて伝達特性を計算した結果



【図 7】

光導波路を用いた従来の光可変減衰器の構成例

